Massiv udbygning af kernekraft nødvendig for at undgå klimakatastrofe – Klimaforandringer er så fremskredne, at alle CO2-reducerende teknologier må tages i brug, siger verdens førende energieksperter til Ugebrevet - Men mangel på kernekraftkompetencer og folkelig modstand mod kernekraftenergi kan forhindre, at der bygges nye anlæg

Kernekraft eller drivhuseffekt

KLIMADEBATTEN FYRER op under kedlerne til en ny atomalder. Uden global udbygning af kernekraft er det umuligt at reducere det menneskelige CO_2-udslip hurtigt nok til at forhindre katastrofale klimaforandringer, mener mange eksperter. Valget står med andre ord mellem kernekraft og drivhuseffekt.

Men sikkerhedsproblematikker vedrørende kernekraft deler fortsat verden i to, og kapacitetsproblemer i den globale kernekraftindustri gør det mere end svært at indfri eksperternes målsætninger om at booste opførelsen af nye a-kraft-værker.

Det viser Ugebrevets analyse af kernekraftens rolle i fremtidens globale energimiks. Analysen er baseret på samtaler med førende eksperter fra ind- og udland samt en gennemgang af de seneste rapporter fra institutioner som det internationale atomagentur (IAEA), det internationale miljøagentur (IEA) og OECD. Den konkluderer, at klimaproblemer og stigende priser på olie, gas og kul har ført til en voldsom interesse for a-kraft.

Kernekraft udleder nemlig ikke CO_2. Den er uafhængig af ustabile olienationer. Og med stigende priser på fossile brændsler er teknologien ved at blive en ganske god forretning. Som professor i kernekraft ved Lappeenranta Universitet i Finland, Riitta Kyrki-Rajamäki siger til Ugebrevet:

"Eksisterende kernekraftværker leverer i dag billigere el end kulkraftværker, og fremtidige kernekraftværker vil med sikkerhed være konkurrencedygtige, når man indregner afgifter på CO_2-udledning."

Rajamäki og Lappeenranta Universitet er tæt involverede i opbygningen af verdens største kernekraftværk Olkiluoto 3 i Finland, som forventes taget i brug i 2011. Og hun rammer en tyk pæl igennem skeptiske meldinger om, at det vil være vanskeligt at få produktion af kernekraftenergi til at fungere på markedsvilkår, fordi det er dyrt at efterleve de skrappe sikkerhedskrav til drift og håndtering af atomaffald. "Olkiluoto 3 bygges uden offentlig støtte. Projektet er udelukkende baseret på private investeringer, og det får ingen problemer med at konkurrere med kulkraftværker," siger Rajamäki.

Det nye kraftværk i Finland er bl.a. udstyret med en dobbelt reaktorindeslutning, som sikrer mod fly-torpederinger. Samtidig får kraftværket en såkaldt *"core catcher"*, der opfanger kernen i tilfælde af nedsmeltning, så den ikke slipper ud i omgivelserne. Projektet giver således ikke kun ny inspiration til finansiering af fremtidig kernekraft. Det sætter også nye standarder for sikkerhed og effektivitet.

Derfor følges det tæt af lande over hele verden, som i øjeblikket leder efter teknologier, der på økonomisk og miljømæssig bæredygtig vis kan sikre forsyningssikkerheden og reducere CO_2-udslippet.

Og meget tyder på, at mange lande, der bekymrer sig over forsyningssikkerhed og ambitiøse CO_2-mål, har tænkt sig at gøre Finland følgeskab ind i en ny atomalder. I dag består verdens samlede operationelle kernekraftkapacitet af 439 reaktorer fordelt på 31 lande. Tilsammen dækker de 15 pct. af klodens elforbrug. Og trods udmeldinger fra regeringer i lande som Tyskland og Sverige om, at kernekraften skal udfases, har endnu flere lande planer om at udbygge anvendelsen. Se figur 1.

Ifølge Riitta Kyrki-Rajamäki har hele 47 na-

MM | Grønne dilemmaer

Der er gået inflation i løsninger på klimaproblemet. Stadig flere teknologier byder sig til med løfter om at reducere CO_2-udledningen. Men ofte er der tale om suboptimale løsninger, der risikerer at skabe bæredygtighedsproblemer i andre sektorer.

Hvordan finder politikere, investorer, forskere og erhvervsledere det miks af løsninger, der kan indfri målet om at holde den globale temperaturstigning under 2 grader celsius?

Dette er den sidste artikel i serien om de globale beslutningstageres grønne dilemmaer.

- **MM21:** "Fra kornmark til slagmark"
- **MM22:** "Præsidentvalg afgørende for klimakrisen"
- **MM23:** "Klimaforandringer i bestyrelseslokalerne"
- **MM23:** "Klimaforskere: Vi er ved at løbe tør for tid"

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Byggeboom

Verden har brug for 32 nye kernekraftværker om året, hvis klimaproblemerne skal holdes i skak, mener eksperter.

tioner søgt bistand fra IAEA til at opbygge den ekspertise og infrastruktur, der skal til for at anvende kernekraft. "Udover Olkiluoto 3 er 33 nye reaktorer i dag under opførelse globalt, og der er planer om yderligere 94," siger Rajamäki.

atomenergi være en væsentlig komponent i samspil med vedvarende energiteknologier. Se også UMM 24, 2008.

"Klimaforandringerne er langt mere fremskredne, end de fleste forestiller sig. Hvis de skal

"Fremtidige kernekraftværker vil med sikkerhed være konkurrencedygtige, når man indregner afgifter på CO2-udledning."

Riitta Kyrki-Rajamäki, Lappeenranta Universitet i Finland

Hun finder det "usandsynligt", at verden i fremtiden kan sikre tilstrækkelig og stabil energiforsyning til fortsat global vækst og samtidig nedbringe CO2-udslippet uden kernekraft. "Jeg tror tværtimod, at andelen af kernekraft i det samlede energimiks må og vil vokse," siger Rajamäki.

32 nye kernekraftværker om året

Den betragtning er stadig flere energi- og klimaeksperter enige med hende i. Deres argument er, at der er behov for en stabil energikilde for at sikre strømforsyningen, når vinden ikke blæser, og solen ikke skinner. Den opgave bliver i dag hovedsagelig løst af CO2-forurenende kulkraftværker, og det er som erstatning for dem, at kernekraft kan spille en væsentlig rolle.

Bl.a. udvikler en række fremtrædende forskere på Center for Information Technology Research in the Interest of Society (CITRIS) i Californien, for øjeblikket på en model, der kan vejlede politikere og investorer i, hvordan de opbygger en bæredygtig energiinfrastruktur. Her vil bremses, er det tvingende nødvendigt, at vi omgående investerer mere i Carbon Capture og CO2-reducerende energiteknologier, herunder a-kraft," konstaterer CITRIS-professor Steve Chu, direktør for Lawrence Berkeley National Laboratory og nobelprismodtager for sin forskning i atomfysik.

Også det internationale miljøagentur, IEA, peger på, at kernekraft er en vigtig del af fremtidens energimiks, hvis vi skal undgå alvorlige klimaforandringer.

Miljøagenturet offentliggjorde tidligere på måneden en analyse af forskellige teknologiscenarier for fremtidens energimiks under overskriften Energy Technology Perspectives, ETP 2008. Her anbefaler IEA bl.a., at kernekraftteknologiens andel af klodens samlede elproduktion øges fra 15 pct. til knap 25 pct. inden 2050, og at der i perioden 2010 til 2050 investeres i en årlig global udbygning af kernekraft på 32 GW, hvilket svarer til 24-32 nye kernekraftværker om året. Se figur 2.

Udover den voldsomme udbygning af kernekraft anbefaler IEA bl.a., at vindenergien udbygges med 60 GW eller cirka 17.000 vindmøller om året og solenergi med 215 millioner kvadratmeter solpaneler, og at 35 kul- og 20 gasfyrede kraftværker årligt udstyres med CCS (CO2 Capture and Storage) teknologi inden 2050. IEAs beregninger viser, at det vil halvere det globale CO2-udslip i forhold til i dag, hvilket ifølge FNs internationale klimapanel er nødvendigt for at holde stigningen i den globale gennemsnitstemperatur under 2,4 grader celsius.

I et *business as usual*-scenarie forudser IEA, at de globale CO2-udledninger vil stige med 130 pct. i forhold til i dag. Det vil øge den globale gennemsnitstemperatur med 6 grader celsius og føre til dramatiske og i mange tilfælde kata-

MM | En verden fuld af kernekraft

Installerede kernekraftværker globalt

	Antal enheder, 2008	Installeret effekt (GWe), 2008	Produceret energi (TWh), 2006	Andel af elproduktion, (pct.), 2006
Vesteuropa	130	122,6	876,3	29,7
Central- og Østeuropa	68	48,1	322,1	18,2
Nordamerika	124	114,3	891,1	18,1
Asien	11	82,7	541,0	9,9
Andre lande	6	435	30,2	-
Globalt	439	372,2	2660,7	14,9

Figur 1: Kernekraft udgør i dag ca. 7% af den globale energiforsyning og 15% af den samlede elproduktion. I 15 lande er der for tiden kernekraftværker under opførelse, mens yderligere 25 lande har planer om nybyggeri af kernekraft.

Kilde: Risø.

strofale og irreversible ændringer af klodens økosystemer og livsbetingelser.

Udsigt til flaskehalse

I den videnskabelige verden er der altså bred konsensus om, at kernekraft bør spille en nøglerolle i fremtidens grønne energisystem.

Men det er tvivlsomt, om den kraftige udbygning, som IEA foreslår, overhovedet er mulig. I årtier har udbygningen af kernekraft i USA og Vesteuropa stort set stået stille. Dels fordi andelen af kernekraft i mange vestlige lande allerede er høj. Dels fordi teknologien møder folkelig modstand. Ulykkerne på Tremileøen i USA i 1979 og Tjernobyl i Ukraine i 1986 har ført til udpræget atomforskrækkelse.

Det betyder, at såvel kernekraftindustrien som den offentlige forskning og kompetenceopbygning inden for udvikling og drift af kernekraftværker er blevet kraftigt reduceret de sidste 30 år. Se figur 3.

I de seneste 20-30 år har udbygningen af kernekraft hovedsagelig fundet sted i Sydøstasien og til dels i Østeuropa. Og det har ikke været nok til at vedligeholde en industri, der tilnærmelsesvis kan indfri IEAs målsætning om allerede fra år 2010 at udbygge med 32 kernekraftværker årligt.

"Det tager typisk fem år at opføre et kernekraftværk, og på nuværende tidspunkt er der kun kapacitet til at opføre fem kraftværker om året, måske lidt mere," vurderer ekspert i atomkraftteknik Povl Ølgaard. Han er tidligere professor i reaktorfysik på DTU og arbejder i øjeblikket som konsulent på afviklingen af forskningscenter Risøs atomreaktorer. Så han har om nogen udfasningen af Vestens kernekraftkompetencer tæt inde på livet.

Ifølge Ølgaard vil især fremstilling af store, smedede komponenter som f.eks. tryktanke udgøre en flaskehals for udbygningen af kernekraftværker. I dag er Japan Steel Works en af de eneste virksomheder i verden, der kan fremstille sådanne komponenter.

"Det kræver en masse tungt specialudstyr at fremstille disse komponenter. Og det vil tage mange år at omstille industrier og opbygge ny kapacitet til at øge produktionen," siger Ølgaard.

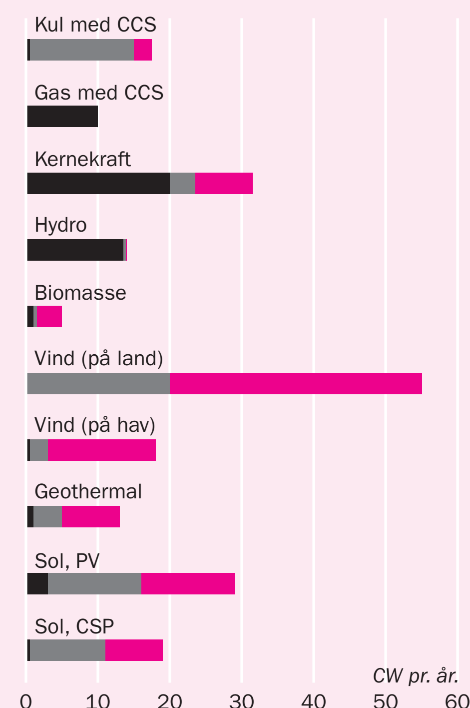
Not in my back-yard

Den udbredte folkelige modstand mod kernekraft lever til trods for, at den uhyggelige Tjernobyl-ulykke er et enkeltstående tilfælde, som ikke vil kunne gentage sig med de nuværende krav og kontrolforanstaltninger.

"De teknologiske sikkerhedsløsninger er på

MM | Energisektorens indkøbsliste

Årlige investeringer i nye energiteknologier

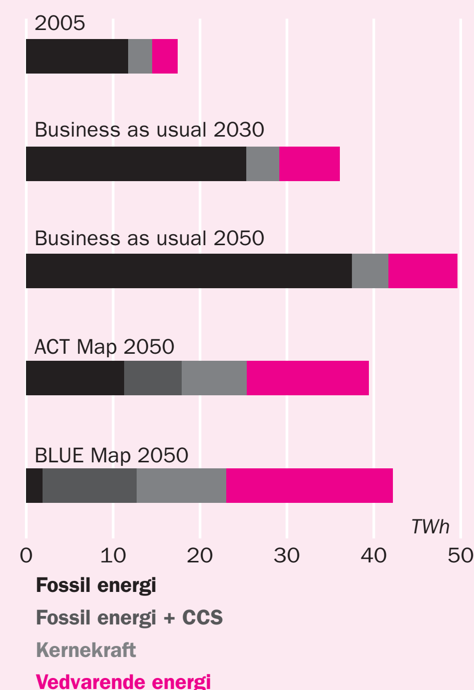


Niveau CO

ACT Map = samme udslip i 2050

BLUE Map = 50 pct. reduktion af CO_2 -udslip i 2050

Andel af total global elproduktion



Fossil energi
Fossil energi + CCS
Kernekraft
Vedvarende energi

Figur 2: Der er behov for at investere i alle tænkelige CO_2-reducende energiteknologier for at holde de globale temperaturstigninger i skak.

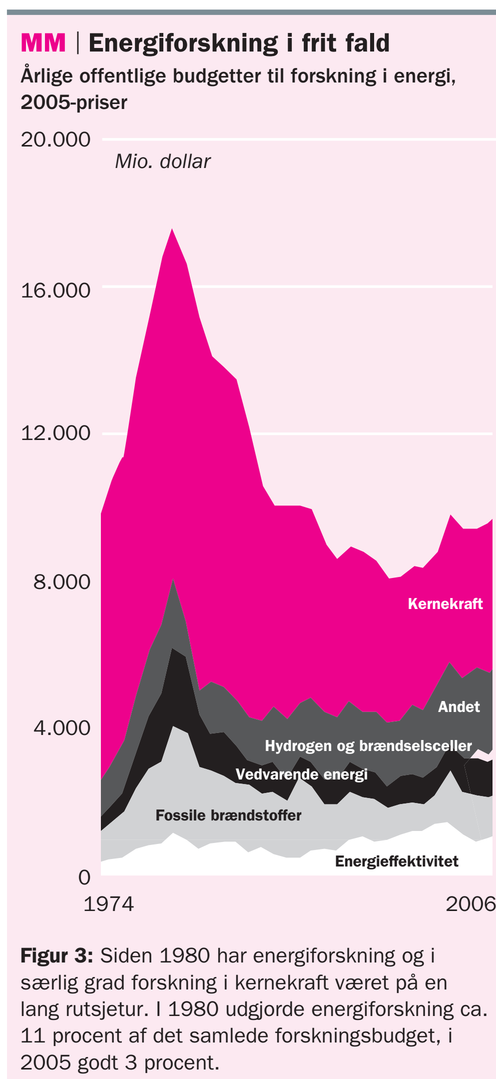
Kilde: IEA Energy Technology Perspectives, ETP 2008.

Tab af kernekompetencer

Vestens udfasning af kernekraft har forhindret vedligeholdelse og videreudvikling af vigtige kernekraftkompetencer.

Atomfobi

Befolkningens angst for kerneenergi kan blokere for nye anlæg.



MM | Energiforskning i frit fald

Årlige offentlige budgetter til forskning i energi, 2005-priser

Figur 3: Siden 1980 har energiforskning og i særlig grad forskning i kernekraft været på en lang rutsjetur. I 1980 udgjorde energiforskning ca. 11 procent af det samlede forskningsbudget, i 2005 godt 3 procent.

Kilde: IEA Energy Technology Perspectives, ETP 2008.

plads," hævder den amerikanske atomforsker og klimarådgiver for Barack Obama, Dan Kammen.

Et voldsomt jordskælv med epicenter 19 km fra verdens største operationelle kraftværk, Kashiwazaki-Kariwa i Japan, viste sidste år, at han har ret i, at nutidens kernekraftværker kan modstå ekstreme påvirkninger.

Jordskælvet gav et udsving på 6,8 på Richterskalaen, og det gav rystelser dybt ned i maven på kernekraftindustrien, for det var første gang et værk blev ramt af så kraftigt et jordskælv. De mest dramatiske følger af skælvet var imidlertid, at en stabel tønder i en bygning med lavaktivt affald væltede, og at radioaktivt vand fra brændselsbassinet i en af kraftværkets syv enheder skvulpede over.

Værkets reaktorer lukkede automatisk ned efter forskrifterne, da rystelserne blev detekteret af værkets accelerometre. Og efter en gennemgang af værkets installationer blev hændelsen klassificeret til et nul på den internationale INES-skala (International Nuclear Event Scale), hvilket betyder, at jordskælvet ikke har haft nogen sikkerhedsmæssige konsekvenser overhovedet.

Alligevel satte "ulykken" mærkbare spor i den japanske offentligheds holdning til kernekraft, og myndighederne overvejer nu at skrue ekstra op for sikkerhedsforanstaltningerne omkring japansk kernekraft.

Forløbet viser de enorme udfordringer, myndigheder står overfor, hvis de skal forsøge at skabe folkelig opbakning til den massive udbygning af kernekraft, som IEA mener er nødvendig. Den såkaldte *NIMBY-attitude* – Not In My Back-Yard – vil gøre det til en enorm udfordring at placere nye kraftværker og opbevare atomaffald. Det er nemt at forestille sig flaskehalseffekten ved blot at tænke på de danske myndigheders besvær med at finde områder, hvor de kan opstille de vindmøller, der er politiske vilje til at bygge i Danmark.

Skeptikere peger også på, at begrænsede uranressourcer kan hindre, at kernekraft bliver et langsigtet alternativ til fossilt fyrede kraftværker. Den skepsis tilbagevises dog i en ny undersøgelse fra OECD, der forudser, at der er kendte uranressourcer nok til at holde verdens nuværende flåde af kernekraftværker kørende i mindst 100 år.

"Hvis vi også tager den nyeste reaktorteknologi vil der være uran nok til flere tusinde år," fremgår det af undersøgelsen, der blev offentliggjort i begyndelsen af juni.

EU og G8 tændt på a-kraft

Trods udfordringerne skorter det ikke på politiske udmeldinger om at øge anvendelsen af kernekraft. I forrige uge fremlagde den republikanske præsidentkandidat i USA, John McCain, et energiudspil, der indebærer, at ikke mindre end 45 kernekraftværker skal bygges i USA inden 2030.

Udspillet kommer, efter at USA har undladt at opføre kernekraftværker i 30 år. Landet råder i dag over 104 kernekraftværker, som dækker 20 pct. af elforbruget. McCains forslag vil udbygge kernekraftenergien med mere end 40 pct.

Der er imidlertid tegn på, at den amerikanske kernekraftindustri så småt er begyndt at røre på sig. Risøs årlige kortlægning af global kernekraft viser, at USAs Nuclear Regulatory Commission (NRC) modtog fire ansøgninger om bygge- og driftstilladelse til i alt syv nye kernekraftenheder i 2007. Ifølge Risø-rapporten

forventer NRC at modtage yderligere 15 ansøgninger i 2008, og op til 30 ansøgninger inden for de næste år.

I EU skorter det heller ikke på udmeldinger, der kan øge kernekraftens rolle. I april lovede EUs energikommissær, Andris Piebalgs, at EU vil gøre det lettere at bygge og finansiere nye atomkraftværker i europæiske lande. "Kernekraft udgør et vigtigt bidrag i kampen mod klimaforandringer," forkyndte energikommissæren på et møde i den europæiske kernekraftorganisation, Foratom, i Bruxelles. Her understregede han nødvendigheden af "betragtelige investeringer" for at forny Europas aldrende flåde af kernekraftværker.

EU råder i dag over 146 kernekraftværker fordelt på 15 lande. Tilsammen bidrager de med en tredjedel af EUs samlede strømforbrug. Og på en atomenergikonference i Prag i sidste måned gentog EU-Kommissionens formand José Manuel Barroso budskabet om, at EU som minimum må opretholde sin nuværende atomkraftkapacitet. "Kernekraft kan levere et væsentligt bidrag i kampen mod klimaforandringer," argumenterede han.

I England drømmer erhvervsminister John Hutton om at køre sit land i stilling som kraftcenter for den fremtidige globale udbygning af kernekraft. "Storbritanniens regering har en ambition om og en forpligtelse til at skabe og fastholde det bedste marked for kernekraftindustrien i verden," sagde han på et investormøde i London i forrige uge.

Han kommer imidlertid til at kæmpe hårdt med USA og andre store økonomier om titlen som verdens førende. På et møde i Japan tidligere på måneden mellem energiministrene fra G8-landene og Kina, Indien og Sydkorea, florerede de politiske budskaber om at øge anvendelsen af kernekraft således også frit. "Et stigende antal nationer har interesse i kernekraft som et middel til at adressere klimaforandringer og forsyningssikkerhed," hed det i en fælles udmelding fra mødet.

I næste uge fortsætter landenes regeringschefer kernekraftdebatten på det store G8-topmøde i Japan. Her vil IEAs anbefalinger bl.a. blive diskuteret. Og så bliver det interessant, hvor meget regeringschefernes udmelding fra sidste G8-topmøde i Heiligendamm i Tyskland holder vand. Her blev de enige om seriøst at overveje scenarier for en halvering af CO_2-udslippet i 2050. **MM**

Bjarke Wiegand | bw@mm.dk

Lun på atom-kraft

Verdens ledere ser a-kraft som en vigtig del af svaret på klimaudfordringerne.

MM | Kolofon

Administrerende direktør og ansvarshavende chefredaktør Erik Rasmussen.
Direktør Lars Jannick Johansen.

UGEBREVET: Bjarke Møller, adm. chefredaktør, Kalle Jørgensen, redaktionschef, Susan Knorrenborg, redaktionssekretær. **Redaktionen** Poul Albret, Torben K. Andersen, Solveig Gram Jensen, Ole Vigant Ryborg (Bruxelles), Marianne Kristensen Schacht, Bjarke Wiegand. **Grafik** Cecilie Nellemann, Nynne-Cecilie Schmidt. **Korrektur** Sara Høyrup, Lise Nielsen. **Research** Lars Nordal Jensen, Carolina Kamil.

TÆNKETANKEN: Jane Clemensen, sundhedsdirektør, Per Meilstrup, klimadirektør, Johannah Christensen, projektchef, Emilie Normann, projektchef, Ida Strand, projektchef, Gry Bauer, Morten Christensen, Morten Fisker, Elisabeth Frederiksen, Christian Eika Frøkiær, Iben Berg Hougaard, Morten Hyllegaard, Ida Høgstedt, Bjarke Hauerslev Larsen, Marianne Lentz, Astrid Læssø, Bjørn Borbye Pedersen, Martin Møller Bøje Rasmussen, Laura Storm Svendsen, Torben Vemmelund, Meik Wiking.

SALG OG MARKEDSFØRING: Troels Rosted Christensen, salgs- og marketingdirektør, Martin Frost, Rasmus Lund.
Annonce Sidsel Bogh.

ØKONOMI OG ADMINISTRATION: Morten Christensen, økonomidirektør, Søren Werner Borgquist, Hanne Lyng Christiansen, An'mary Jonasson, Sanja Lukic, Jørgen Dalsgaard Olsen, Heidi M. Rasmussen, Anne Kjær Skovgaard.

Tryk Ekspressen. **Design** e-Types
Ugebrevet udgives af Huset Mandag Morgen A/S og udkommer hver mandag. Citater kun tilladt med tydelig kildeangivelse. **ISSN** 0905-4332.
Kopiering er kun tilladt ifølge COPY-DAN-aftaler.

Etiske regler Mandag Morgens udgivelser bygger på et etisk regelsæt, der kan læses på www.mm.dk.

Abonnement Halvår kr. 3.700,- ekskl. moms. Helår kr. 6.900,- ekskl. moms.